

スタートダッシュから中間疾走までの着地位置の変化
—特に歩隔に着目して—

伊藤 章¹⁾ 貴嶋孝太¹⁾

1) 大阪体育大学

Changes in the step width, step length, and step frequency of the world's top sprinters during a 100 m race

Akira Ito¹⁾ Koji Kijima¹⁾

1) Osaka University of Health and Sport Sciences

Abstract

The purpose of this study is to clarify the changes in the step width, step length, and step frequency of the world's top sprinters during a 100 m race and provide coaches and sprinters with useful step data.

The subjects were 18 male sprinters who participated in the heats of the 10th World Championships in Athletics held in Helsinki, Finland. They were divided into two groups based on race timing: the high performance group (HG; 10.12–10.32 s) and the low performance group (LG; 10.40–10.9 s). We set up two video cameras in the auditorium to record the spot at which the foot came into contact with the surface of the track during the starting dash and the sprint with full stride (approximately 60 m from the starting line). The x-y coordinates of the runners' foot prints on the track were calculated by the two-dimensional direct linear transformation method (DLT method).

The step length was observed to increase with the sprint speed ($p < 0.001$) in both groups; further, the step length of HG was longer than that of LG in the starting dash and the full stride (0.12 ± 0.03 m, $p < 0.003$). The step frequency was maintained at almost the same level (4.56 ± 0.16 steps/s) in the starting dash and the full stride, and no difference was observed between the groups. Although there was no difference in the step width, it decreased in both groups from 0.39 ± 0.07 m in the 1st step of the starting dash to 0.17 ± 0.04 m in the full stride ($p < 0.001$). These results suggest that sprinters change their step length and step width according to the change in acceleration of the sprint running speed.

The results obtained suggest the following conclusions: (1) Sprinters should not be forced to have a higher step frequency in the starting dash. (2) They should attempt a longer step length from the 1st step of the starting dash. (3) They should maintain their step width not only in the starting dash but also in the full stride.

I. 目的

短距離走のスタートダッシュや中間疾走の指導では、一直線上に接地するように指示する場合がある。しかし、選手の多くはやや外側へ足を出しながら着地し、歩数が進むに従い真直ぐの方向へ着地するように変化している。走行中、身体重心は接地期に減

速と加速を繰り返すが(福田と伊藤, 2004), 身体重心の速度変化を大きく捉えるならば, スタートでは加速度が最も高く, 歩数が進むに従い加速度は低下し, 一定速度である中間疾走では加速度がゼロとなる。したがって, 選手はスタートでは低速条件下で大きな加速力, いわゆる“ローギアのパワー”を發揮し, 中間疾走に近づくに従い高速条件下で小さ

な加速力、いわゆる“トップギアのパワー”を発揮できるような性能を持ったキック動作へと変化させねばならない。しかし、スタートではどの位置に着地し、中間疾走に向かって着地位置がどのような変化をするのか、明らかにされていない。

本研究では第10回世界陸上競技選手権大会において100mに出場した選手を対象に、スタートおよび中間疾走における着地位置を調べ、今後の指導に役立つように客観的な数値として提供しようとした。

II. 方法

被験者は、世界陸上競技選手権大会（ヘルシンキ、2005）の100mに出場した男子短距離選手18名であった。分析の対象としたレースは100mの1次予選で、レースにおける記録をもとに上位グループ9名（10.12から10.32秒）と下位グループ9名（10.40から10.90秒）に分けた。

2台のビデオカメラ（DSR-PD;SONY社製）をスタートライン後方の観客席に設置し、画角を走路中央の3から6レーンが入り、しかも1台はスタート後の8歩目までの着地（ラインから約15mまで）を、他の1台はスタート後の中間疾走の着地（50m付近の前後約10m）を撮影できるように調整した。そして、疾走動作を60fpsで撮影した。また、スタートでは画角内の走路上20箇所、中間疾走では16箇所に置いたコントロールポイントを撮影し、接地中のつま先の2次元座標値を2次元DLT法を用いて算出した。なお、コントロールポイントの既知の座標値と分析値との誤差（進行方向と左右方向）は、スタートでは0.035mと0.005m、中間疾走では0.022mと0.004mであった。

測定項目は、スタート1歩目から8歩目までと中間疾走（6歩の平均値）におけるストライド、ピッ

チ、そして歩隔（連続する歩数における接地の瞬間のつま先の左右間隔）を求めた（図1）。国際競技大会における測定上の限界があり、本研究では走速度を身体重心から求めることができず、上述のようにして求めたストライドにピッチをかけて算出した。そのため、1歩ごとに姿勢が変化するスタートダッシュでは、身体重心から求めた速度とはやや異なると考えられる。なお、スタート後の変化、および上位群と下位群の差は二元配置分散分析法によって検定し、危険率5%未満の場合を有意差ありと判定した。

III. 結果

歩隔はグループ間で差が無く、スタートでは1から2歩目間が $0.39 \pm 0.07\text{m}$ であったが、7から8歩目間は $0.29 \pm 0.05\text{m}$ まで減少し、中間疾走では $0.17 \pm 0.04\text{m}$ と最も小さくなった（図1、 $p < 0.001$ ）。

ストライドは、スタートから中間疾走まで歩数が進むに従い増加した（図2、 $p < 0.001$ ）が、上位グループの方が下位グループより常に平均 $0.12 \pm 0.03\text{m}$ 大きかった（ $p < 0.003$ ）。両グループの平均値で見ると、スタートの1から2歩目間のストライドは $1.14 \pm 0.17\text{m}$ であったが、7から8歩目間は $1.88 \pm 0.14\text{m}$ まで増加し、中間疾走では $2.40 \pm 0.13\text{m}$ に達した。

ピッチはグループ間で差が認められず、スタートから中間疾走までほとんど変化しなかった（図3）。なお、スタートから中間疾走までの両グループの平均は 4.56 ± 0.16 歩/sであった。

速度は上位グループの方が下位グループよりスタートから中間疾走まで常に高かった（図4、 $p < 0.003$ ）が、両グループともスタート後著しく増加し（ $p < 0.001$ ）、中間疾走では上位グループは

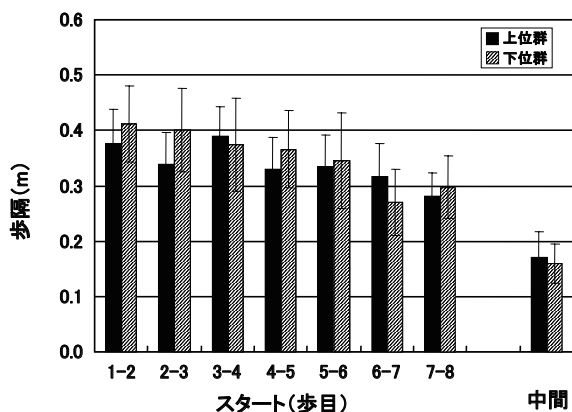


図1 歩隔の変化

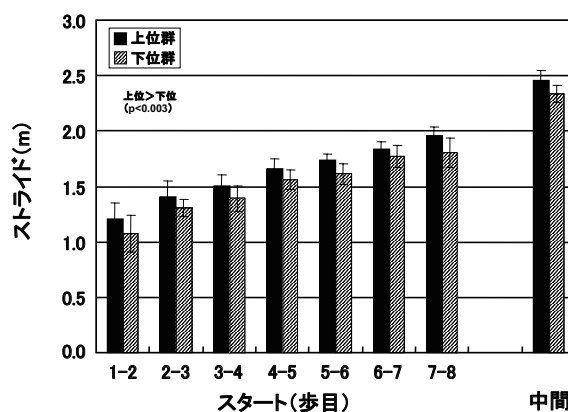


図2 ストライドの変化

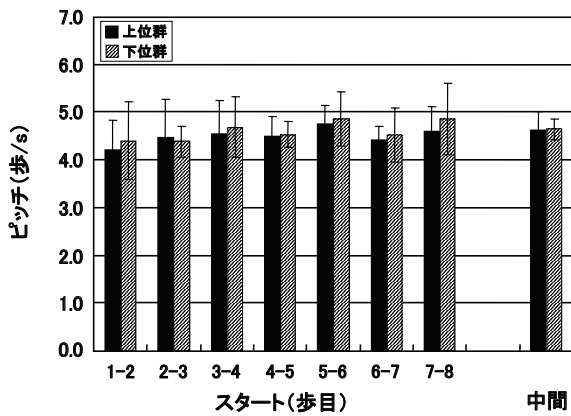


図3 ピッチの変化

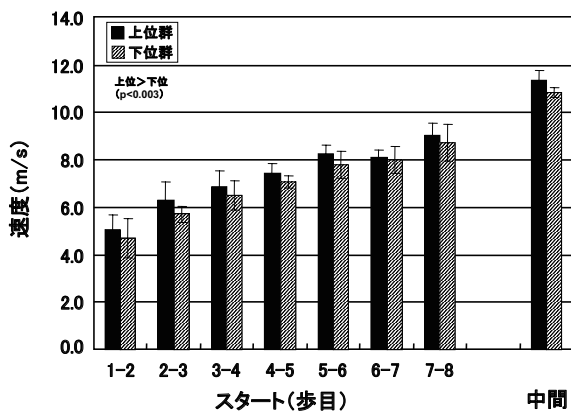


図4 速度の変化

11.38 ± 0.40m/s, 下位グループは 10.84 ± 0.23m/s に達した. なお, スタートの7から8歩目で, 両グループとも中間疾走の速度の約80%にまで達していた.

IV. 考察

短距離走のスタートダッシュや中間疾走の指導では, 一直線上に着地するように指示する場合がある. しかし, 金子 (1990) は, 当時の日本記録保持者であった飯島秀雄選手 (10秒1) が, かつての日本記録保持者である吉岡隆徳氏 (故人) から, スタートの1歩目にとりのレーンにはみ出そうほど横方向へ足を出すような指導を受けていたことを報告している.

走行中, 身体重心は接地期に減速と加速を繰り返すが, 身体重心の速度変化を大きく捉えるならば, スタートでは加速度が最も高く, 歩数が進むに従い加速度は低下し, 一定速度である中間疾走では加速度がゼロとなる (福田と伊藤, 2004). つまり, 選手はスタートでは低速条件下で加速力, いわゆる

“ローギアのパワー” を発揮し, 中間疾走に近づくに従い高速条件下で加速力, いわゆる “トップギアのパワー” を発揮できるような性能を持ったキック動作へと変化するのである. スタートから中間疾走までの着地位置の変化は, このいわゆる “ギアチェンジ” をするためのものであると考えられる. 以下はそのような観点に立った議論である.

スタート後, ストライドは増加したがピッチにはほとんど変化が見られなかった. この結果は, スタート後の速度の増加はストライドの増加によるものであることを示しており, 第3回世界陸上競技選手権大会 (東京, 1991) で測定した伊藤ら (1994) の報告と同様の傾向であった. そして, スタートから中間疾走における上位グループと下位グループの速度の違いもストライドにあり, ピッチではなかった.

スタートでは大きな加速力を発揮しなければならない. そのためには, スタート後の1歩ごとのキックによって加速方向の大きな力積を地面から得なければならない. 力積は力と作用時間の積であり, 作用時間はできるだけ長くしなければならない. もし, ピッチを意図的に早くするならば, キック時間は短くなると考えられる. したがって, スタートではピッチを早くするのではなく, 長い時間をかけて後方へキックする, いわゆる “押すようなキック” をする方がよいのかもしれない. しかし, スタートではピッチを早くするような指導をする場合がしばしばある. もし, 指導者が選手にピッチを高めるように指示すれば, その場では選手はストライドを低下させることによってピッチを高めざるを得ない. 本研究の結果は, 一般的にはピッチよりむしろストライドを大きくするような指導が望ましいことを示唆している.

スタート後の加速方向のキック力のピーク値は, 1歩ごとにほとんど違いがないが, 速度の増加に従い, 接地時間は必然的に減少する (福田と伊藤, 2004). つまり, スタートにおける1歩ごとの加速 (力積) の減少は, キック時間の短縮が大きな原因だと考えられる. 感覚的には, スタートでは1歩ごとに “押すようなキック” から “たたくようなキック” へと変化するのである.

100mの記録に関係なく測定したすべての選手において例外なく, 1歩目と2歩目間の歩隔が最も広く, 速度の増加とともに狭まった. 金子 (1990) は歩隔を広くする目的は, キック脚の接地時の膝関節角度を脚伸展力が最も高まる 120° 付近にするためではないかと推察しているが, これは1つの要因であると思われる. 一方, 歩隔を広くすることは斜め

外側の後方へキック力を発揮することになるが、歩隔を狭めてまっすぐ接地する場合とくらべると、股関節によるキック力の発揮に大殿筋だけではなく中殿筋も加わることができるためより大きな加速力が発揮できるかもしれない。そして、股関節で発揮されたキック力を地面に伝える過程で、膝関節にはやや横方向の力が加わることになる。この横方向の力に対しては靭帯などの膝関節の構造が受け止めるため、真直ぐ着地するより膝関節伸展筋群の負担を軽減することとなる。これらも上述の金子（1990）の推察とともに可能性がある要因であろう。

一方、中間疾走では歩隔が両グループとも平均 0.16m にまで減少したが、これは中間疾走でも一直線上に着地していないことを示している。この中間疾走の歩隔は、脚が地面に対してほぼ垂直になる値であり、そのような脚の姿勢が上述の“トップギアのパワー”を発揮しやすいのかもしれない。少なくとも、本研究の結果は中間疾走であっても一直線上に着地する指導をしないほうがよいことを示唆している。

本研究では、世界陸上競技選手権大会の 100m に出場した選手たちの着地の状況を明らかにしたが、なぜそのような着地をするのかというメカニズムは明らかしていない。実験的な条件下で詳細な調査をし、解明しなければならない課題である。

参考文献

福田厚治・伊藤 章（2004）最高疾走速度と接地期の身体重心の水平速度の減速・加速：接地による減速を減らすことで最高疾走速度は高められるか。体育学研究 1：29－34。

伊藤 章・斉藤昌久・佐川和則・加藤謙一・森田正利・小木曾一之（1994）世界一流スプリンターの技術分析。世界一流陸上競技者の技術。ベースボール・マガジン社。東京，pp. 31-49。

金子公宥（1990）名スプリンター飯島のロケットスタート秘話。コーチング・クリニック 3：72－73。